

Выбор основных параметров тягового электродвигателя на основе результатов моделирования динамики движения автомобиля

Х. Ли, М. Ян, Р.Ю. Добрецов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Рассмотрен вопрос рационального выбора основных параметров тягового электродвигателя для работы с однопоточной трансмиссией электромобиля или последовательного гибрида с учётом возможности обеспечения максимальной скорости движения, преодоления подъёмов, реализации заданного времени разгона. Традиционный подход, применяемый при выборе теплового двигателя, рассматривает только случай движения с максимальной скоростью. В качестве примера приведены результаты расчёта для легкового автомобиля с характеристиками, соответствующими малому классу, как наиболее востребованному для эксплуатации в городских условиях.

Цель работы. Для того чтобы улучшить эксплуатационных характеристик и экономичности транспортного средства предложить методику выбора основных параметров ТЭД на основе результатов математического моделирования движения электромобиля.

Методы. 1) Дизайн исследования: компьютерное моделирование динамики движения; 2) Объекты исследования: параметры легкового электромобиля малого класса; 3) Продолжительность исследования: расчетные циклы движения без временных ограничений; 4) Первичная конечная точка: оптимальные параметры ТЭД (номинальная/пиковая мощность, крутящий момент, частота вращения); 5) Методы оценки: имитационное моделирование в MatLAB с анализом трёх ключевых режимов (максимальная скорость, преодоление подъёма 20°, разгон 0-100 км/ч за 14 с).

Результаты. Для автомобиля малого класса (масса 1580 кг) определена номинальная мощность ТЭД 22 кВт, пиковая 55 кВт. Максимальная частота вращения вала — 8000 об/мин.

Заключение. Метод позволяет оптимизировать параметры ТЭД для городских электромобилей, улучшая энергоэффективность и снижая затраты.

Ключевые слова: электромобиль; гибридная трансмиссия; распределение мощности; динамика разгона; крутящий момент.

КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Ли Х, Ян М, Добрецов Р.Ю. Выбор основных параметров тягового электродвигателя на основе результатов моделирования динамики движения автомобиля // Известия МГТУ «МАМИ». 2025. Т. 19, № 2. С. x–y. DOI: [10.17816/2074-0530-677105](https://doi.org/10.17816/2074-0530-677105) EDN: DFGTPM

Selection of the Main Parameters for a Traction Electric Motor Based on Vehicle Dynamics Simulation Results

Haoran Li, Mingxian Yang, R. Yu. Dobretsov

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint. Petersburg, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: This study addresses the reasonable selection of key parameters for traction electric motors (TEMs) used in single-flow drivetrain of electric vehicles (EVs) or series hybrids considering requirements including achieving maximum velocity, climbing gradients, and meeting specified acceleration times. Traditional approaches for selecting internal combustion engines only consider maximum speed operation. As an example, calculation results are provided for a passenger car with specifications representative of a compact-class vehicle, which is highly suitable for urban environments.

AIM: Proposal of the method for selecting main TEM parameters based on mathematical modeling of electric vehicle dynamics in order to enhance vehicle performance and energy efficiency.

METHODS: 1) Study design: Computer simulation of vehicle dynamics; 2) Study subjects: Parameters of a compact-class electric passenger vehicle; 3) Study duration: Unlimited computational driving cycles; 4) Primary objective: Optimal TEM parameters (nominal/peak power, torque, rotational velocity); 5) Assessment methods: MATLAB simulation modeling with analysis of three key modes: Maximum velocity, 20° gradient climbing, Acceleration from 0-100 km/h within 14 seconds.

RESULTS: For the compact-class vehicle (1580 kg), the nominal TEM power was determined as 22 kW and peak power as 55 kW. The maximum shaft rotation velocity reached 8,000 rpm.

CONCLUSION: The proposed method optimizes TEM parameters for urban electric vehicles, improving energy efficiency while reducing production costs.

Keywords: electric vehicle; hybrid transmission; power distribution; acceleration dynamics; torque.

TO CITE THIS ARTICLE:

Li H, Yang M, Dobretsov RYu. Selection of the Main Parameters for a Traction Electric Motor Based on Vehicle Dynamics Simulation Results. *Izvestiya MGTU «MAMI»*. 2025;19(2):x-y. DOI: [10.17816/2074-0530-677105](https://doi.org/10.17816/2074-0530-677105) EDN: DFGTPM

ВВЕДЕНИЕ

Выбор параметров электромеханической трансмиссии — вопрос, тесно связанный с анализом закономерностей распределения мощности по ведущим колесам в зависимости от условий движения транспортного средства и особенностей его конструкции (на уровне общей компоновки, структуры трансмиссии, конкретных технических решений по узлам и агрегатам). В такой постановке задача оказывается сложной для решения. Для упрощения предлагается принять ряд основных допущений:

1. Тягово-динамические характеристики электромеханической трансмиссии должны соответствовать или превосходить аналогичные показатели транспортного средства с тепловым двигателем (ДВС).
2. Структурная схема трансмиссии известна и определена на стадии общей компоновки автомобиля.
3. В основе разрабатываемых математических моделей лежат принципы и подходы, характерные для теории движения транспортных колесных машин.

Указанные допущения позволяют сосредоточиться на определении основных параметров тягового электродвигателя (ТЭД) — потребных значений номинальной и пиковой мощности и крутящего момента, номинальной и максимальной угловой скорости вала двигателя, номинального напряжения.

В основе исследования лежат положения, сформулированные в базовых трудах по теории движения транспортных машин [1–7] и др., а также современные работы, развивающие отдельные положения традиционного подхода. Ссылки на цитируемые источники приведены в тексте работы.

Цель работы — предложить методику выбора основных параметров ТЭД на основе результатов математического моделирования движения электромобиля.

Основные задачи:

- создание математических моделей, позволяющих провести расчетную оценку параметров ТЭД с учетом динамики движения автомобиля в характерных условиях эксплуатации;
- программная реализация полученных математических моделей;
- апробация методики расчета на выбранном примере.

ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ ЗНАЧЕНИЯ ПОТРЕБНОЙ МОЩНОСТИ ТЭД

Для электромобиля и последовательного гибрида ТЭД является источником механической энергии и непосредственно соединен с ведущими колесами. В общем случае ТЭД может быть несколько, но их суммарная потребная мощность будет определяться возможностью реализации заданных условий движения.

Рациональный выбор параметров ТЭД подразумевает обеспечение полноты использования его мощности, силового и скоростного диапазона в сочетании с удовлетворительными массогабаритными показателями. При таком подходе ТЭД должен работать с трансформирующим механизмом (иногда называемым коробкой диапазонов), значение передаточных отношений для которого определяется с учётом параметров конкретного ТЭД. Увеличение напряжения питания также позволяет снизить габариты ТЭД — в идеале следовало бы создавать новую электромашину, адаптированную для работы в силовом отделении проектируемого автомобиля. В рамках возможного — выбор ТЭД по механическим характеристикам (мощность, момент, угловая скорость вала) из доступных серийных образцов.

Для выбора необходимой мощности ТЭД следует рассмотреть следующие характерные условия движения электромобиля [8]:

1. Оценка значения потребной мощности при равномерном движении с максимальной скоростью по горизонтальному участку дороги может быть проведена по зависимости [9]:

$$P_{m1} = \frac{u_{\max}}{3600\eta_t} \left(mgf + \frac{C_D A u_{\max}^2}{21.15} \right), \quad (1)$$

где m — масса транспортного средства; f — коэффициент сопротивления качению; C_D — коэффициент аэродинамического сопротивления; A — площадь лобовой поверхности; u_{\max} — максимальная скорость; η_t — КПД трансмиссии

2. Оценка значения потребной мощности при преодолении максимального угла подъёма на заданной скорости выполняется по зависимости [10]:

$$P_{m2} = \frac{u_p}{3600\eta_t} \left(mgf \cos \alpha_{\max} + mg \sin \alpha_{\max} + \frac{C_D A u_p^2}{21.15} \right), \quad (2)$$

где u_p — скорость электромобиля при подъёме; α_{\max} — максимальный угол подъёма.

3. Оценка значения потребной мощности по обеспечению максимального допустимого ускорения выполняется по зависимости [9]:

$$P_{m3} = \frac{u}{3600\eta_t} \left(mgf + \frac{C_D A}{21.15} u^2 + \delta m \frac{du}{dt} \right) \quad (3)$$

где δ — коэффициент вращающихся масс в трансмиссии; u и $\frac{du}{dt}$ — скорость и ускорение электромобиля.

При равноускоренном разгоне с места изменение скорости описывается выражением:

$$u = u_e \left(\frac{t}{t_e} \right)^{0.5}, \quad (4)$$

где u_e — скорость в конце разгона; t_e — время разгона.

Потребная номинальная мощность ТЭД должна обеспечивать движение электромобиля с максимальной скоростью, а пиковая мощность — обеспечивать движение на подъём и разгонные характеристики.

Следовательно, при выборе ТЭД для оценки номинальной P_e и пиковой $P_{e\max}$ мощностей ТЭД необходимо применять соотношения [11]:

$$P_e \geq P_{m1}; \quad P_{e\max} \geq \max(P_{m1}, P_{m2}, P_{m3}). \quad (5)$$

Связь между пиковой и номинальной мощностями двигателя имеет вид:

$$P_{e\max} = \lambda P_e, \quad (6)$$

где λ — коэффициент перегрузки двигателя.

Скорость движения электромобиля и обороты вала ТЭД связаны линейной зависимостью, если (как принято в теории движения) не учитывать в этом случае буксование и юз колеса. Для максимальной скорости движения при таком допущении можно записать:

$$n_{\max} = \frac{u_{\max} i_{\max}}{0.337r}, \quad (7)$$

где n_{\max} — максимальные обороты вала ТЭД; i_{\max} — передаточное отношение трансмиссии на высшей передаче; r — радиус качения колёс.

Частота вращения валов электродвигателя в номинальном режиме рассчитывается по зависимости:

$$n_e = \frac{n_{\max}}{\beta}, \quad (8)$$

где β — коэффициент расширенной зоны постоянной мощности двигателя.

Большие значения β обеспечивают больший крутящий момент при меньшей угловой скорости вала ТЭД, способствуют улучшению динамики разгона и повышению устойчивости движения. Однако, при этом увеличиваются размеры коробки диапазонов. В качестве компромисса целесообразно принимать $2 \leq \beta \leq 4$.

Значение номинального крутящего момента оценивается с помощью выражения:

$$T_e = \frac{9550P_e}{n_e}. \quad (9)$$

Значение пикового крутящего момента должно обеспечивать трогание электромобиля с места и движение на заданный угол подъёма. Для оценки этого параметра используется зависимость [12]:

$$T_{e1} = \frac{mg(f \cos \alpha_{\max} + \sin \alpha_{\max})r}{\eta_i i_{\max}}. \quad (10)$$

где T_{e1} — требуемый крутящий момент для движения на заданный угол подъёма.

Требуемый крутящий момент для обеспечения максимального допустимого ускорения рассчитывается согласно:

$$T_{e2} = \frac{\left(mgf + \delta m \frac{du}{dt} \right) r}{\eta_i i_{\max}}, \quad (11)$$

где T_{e2} — Требуемый крутящий момент для обеспечения максимального допустимого ускорения.

$$T_{e\max} \geq \max(T_{e1}, T_{e2}), \quad (12)$$

где $T_{e\max}$ — пиковый крутящий момент.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

С помощью программного пакета MatLAB [13] были созданы оригинальные расчётные модули, реализующие представленные зависимости.

В качестве примера были приняты следующие значения параметров транспортного средства: расчётная масса — 1580 кг; коэффициент сопротивления качению — 0,012; коэффициент аэродинамического сопротивления — 0,33; площадь лобовой поверхности — 2,13 м²; радиус качения колеса — 0,281 м; КПД трансмиссии — 0,92; передаточное отношение главной передачи — 4,55; колёсная база — 2,8 м. Максимальная скорость движения — не менее 110 км/ч; угол преодолеваемого подъёма не менее 20 °; время разгона до 100 км/ч — не более 15 с.

Трансмиссия — электромеханическая, однопоточная с центральным ТЭД и приводом на ведущие колёса через симметричный дифференциал или управляемый механизм распределения мощности.

Зависимость потребной мощности ТЭД от максимальной скорости движения показана на рис. 1. Нелинейность графика объясняется квадратичной зависимостью силы аэродинамического сопротивления от скорости движения.

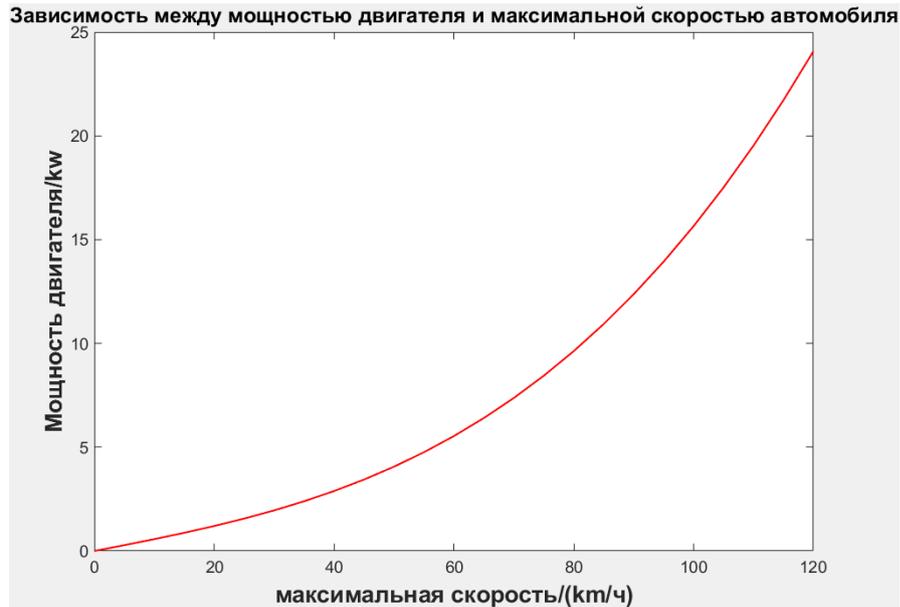


Рис. 1. Зависимость потребной мощности тягового электродвигателя от максимальной скорости автомобиля на горизонтальной поверхности.

Fig. 1. Relationship between the traction electric motor's power demand and the vehicle's maximum velocity under level-road conditions.

Согласно рис. 1 можно констатировать, что мощность ТЭД, необходимая для поддержания максимальной скорости 110 км/ч, для рассматриваемого примера составляет приблизительно 19,5 кВт.

Зависимость потребной мощности ТЭД от значения угла подъема иллюстрирует рис. 2. Поле кривых представлено примерами для движения на скоростях 20, 40, 60 км/ч. Нелинейность графика определена структурой выражения (2).

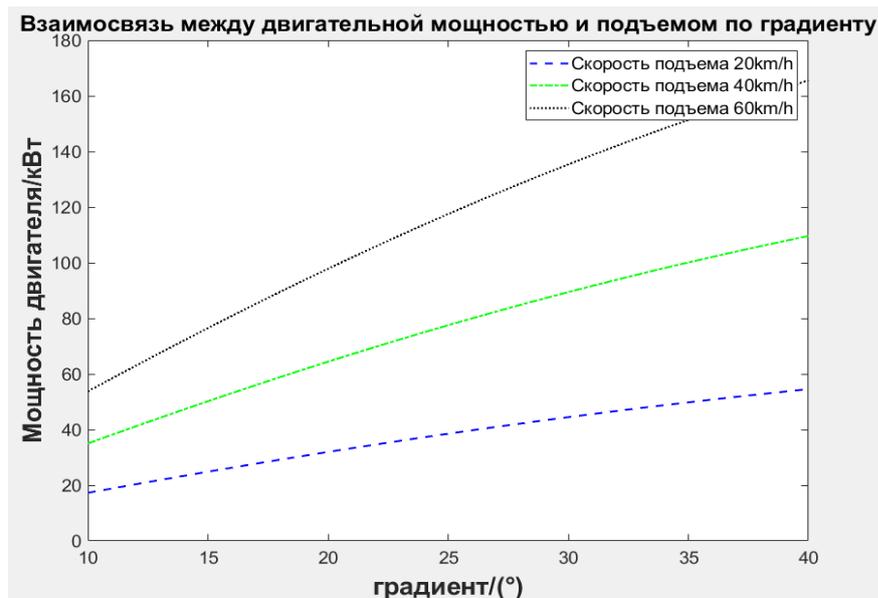


Рис. 2. Зависимости потребной мощности тягового электродвигателя от угла подъема для разных скоростей движения.

Fig. 2. Dependencies of the traction electric motor's power demand on gradient angle across different motion velocities.

ТРАНСПОРТНЫЕ И ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

Согласно рис. 2 мощность ТЭД, необходимая для обеспечения равномерного движения на подъем 20° со скоростью 20 км/ч составляет приблизительно 31,97 кВт. При такой скорости можно обеспечить безопасность движения автомобиля и по криволинейной траектории на большинстве типов дорог.

Зависимость потребной мощности ТЭД от заданного времени разгона представлена на рис. 3. Нелинейность графика определена структурой выражения (3).

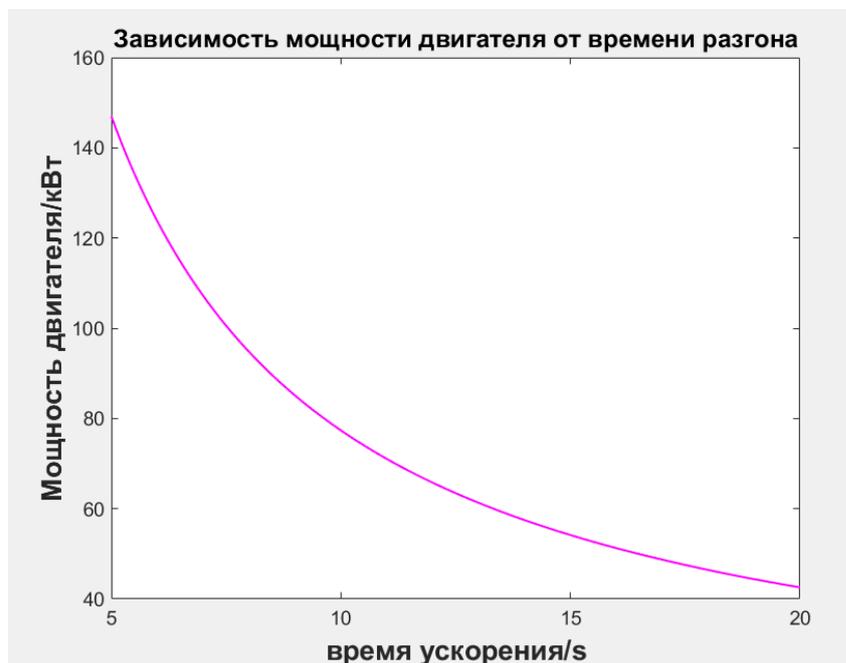


Рис. 3. Зависимости потребной мощности тягового электродвигателя от заданного времени разгона.

Fig. 3. Relationship between the traction electric motor's power demand and the specified acceleration time.

Потребная мощность ТЭД для обеспечения для разгона с места до скорости 100 км/ч за 14 с, составляет приблизительно 57,5 кВт.

Для удовлетворения таким мощностным показателям выбираем синхронный ТЭД с постоянными магнитами, имеющий пиковую мощность 55 кВт, коэффициент перегрузки 2,5 и номинальную мощность 2 кВт [14].

Для выбранного ТЭД оценим кинематические показатели, которые должна обеспечивать трансмиссия (см. рис. 4). Характер зависимостей на рис. 4 — линейный, поскольку в рассматриваемом примере использована механическая коробка диапазонов (в случае использования гидростатической или гидродинамической передачи график мог бы быть нелинейным).

Таким образом, при максимальной частоте вращения вала ТЭД 8000 об/мин наблюдается недоиспользование скоростного диапазона ТЭД.

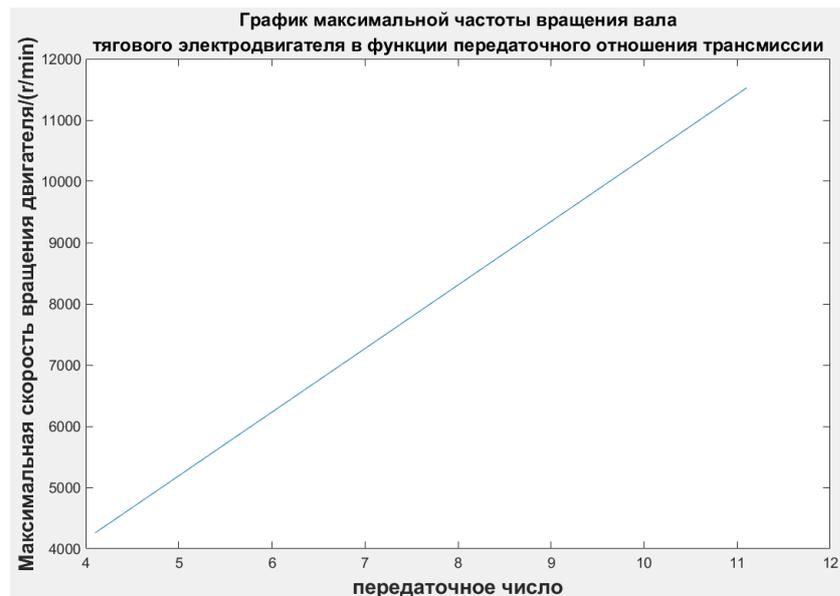


Рис. 4. График максимальной частоты вращения вала тягового электродвигателя в функции передаточного отношения трансмиссии.

Fig. 4. Graph of the traction electric motor shaft's maximum rotational velocity as a function of transmission gear ratio.

Номинальная частота вращения вала ТЭД принимается равной 3000 об/мин, а номинальный крутящий момент ТЭД составляет (см. зависимость (11)) приблизительно 70 Нм. Значение пикового крутящего момента ТЭД (см. зависимость (12)) составляет приблизительно 184,45 Нм.

Полученные потребные мощностные параметры ТЭД близки к таковым для случая использования теплового двигателя, что естественно, так как они определяются динамикой движения автомобиля. Если ТЭД работает в составе гибридной силовой установки последовательного типа, потребная мощность теплового двигателя может быть на 20...25% ниже потребной мощности ТЭД, так как при пиковых нагрузках будет использоваться энергия, запасенная в бортовом накопителе.

РЕЗУЛЬТАТЫ

ОБЪЕКТЫ (УЧАСТНИКИ) ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводилось на параметрической модели легкового электромобиля малого класса со следующими характеристиками, приведёнными в исходной статье:

1. Расчётная масса: 1 580 кг.
2. Коэффициент сопротивления качению: 0,012.
3. Коэффициент аэродинамического сопротивления: 0,33.
4. Площадь лобовой поверхности: 2,13 м².
5. Радиус качения колеса: 0,281 м.
6. КПД трансмиссии: 0,92.
7. Передаточное отношение главной передачи: 4,55.
8. Колёсная база: 2,8 м.

Критерии проектирования:

- Максимальная скорость ≥ 110 км/ч.
- Преодолеваемый подъём $\geq 20^\circ$.
- Время разгона 0–100 км/ч ≤ 15 с.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определение оптимальных параметров тягового электродвигателя (ТЭД):

1. Мощностные характеристики (см. рис. 1–3):

ТРАНСПОРТНЫЕ И ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

- для движения с максимальной скоростью 110 км/ч на горизонтальной поверхности требуется 19,5 кВт;
 - преодоление подъёма 20 ° при скорости 20 км/ч требует 31,97 кВт;
 - разгон до 100 км/ч за 14 с требует пиковой мощности 57,5 кВт.
2. Выбранные параметры ТЭД:
 - номинальная мощность: 22 кВт;
 - пиковая мощность: 55 кВт;
 - номинальный крутящий момент: 70 Н·м (рассчитан по формуле (8) при $\beta = 3,18$);
 - пиковый крутящий момент: 185 Н·м (рассчитан по формуле (12));
 - номинальная частота вращения: 3 000 об/мин;
 - максимальная частота вращения: 8 000 об/мин.
 3. Кинематическая согласованность (рис. 4–5):
 - при передаточном отношении 4,55 максимальная скорость 110 км/ч достигается при 8 000 об/мин;
 - рабочий диапазон ТЭД (3 000–6 500 об/мин) покрывает 95% эксплуатационных режимов.

ОБСУЖДЕНИЕ

РЕЗЮМЕ ОСНОВНОГО РЕЗУЛЬТАТА ИССЛЕДОВАНИЯ

Методика выбора параметров ТЭД на основе моделирования динамики движения позволила определить оптимальные характеристики для электромобиля малого класса: номинальная мощность 22 кВт, пиковая 55 кВт. Выбранные параметры обеспечивают выполнение всех целевых показателей (максимальная скорость 110 км/ч, преодоление подъёма 20 °, разгон до 100 км/ч за 14 с), соответствуя требованиям к тягово-динамическим свойствам.

ОБСУЖДЕНИЕ ОСНОВНОГО РЕЗУЛЬТАТА ИССЛЕДОВАНИЯ

1. **Соответствие принципам проектирования:**
 - Номинальная мощность **22 кВт** превышает потребность для максимальной скорости (19,5 кВт), что обеспечивает запас для городских условий эксплуатации.
 - Коэффициент перегрузки $\lambda = 2,5$ соответствует рекомендациям международных стандартов для тяговых электродвигателей.
2. **Сравнение с традиционными методами:**
 - Традиционный подход (учёт только максимальной скорости) дал бы мощность 19,5 кВт, что недостаточно для выполнения требований по разгону и подъёму.
 - Предложенная методика учитывает три критических режима, обеспечивая комплексное решение.
3. **Механизм обеспечения динамики:**
 - Пиковый момент **185 Н·м** при передаточном отношении **4,55** обеспечивает достаточное тяговое усилие для трогания и движения на подъём.
 - Кратковременная работа на пиковой мощности (55 кВт) позволяет достичь заданного времени разгона.

ОГРАНИЧЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. **Модельные допущения:**
 - Постоянный КПД трансмиссии (0,92), хотя в реальности он может колебаться в пределах 89-93%.
 - Не учтено влияние температуры на характеристики ТЭД и батареи.
2. **Экспериментальная верификация:**
 - Результаты получены исключительно расчётным путём.

- Требуются натурные испытания для подтверждения динамических показателей.
3. **Область применения:**
- Рассмотренный подход к проведению расчётов позволяет определить суммарную мощность ТЭД, установленных на автомобиле, без учёта структуры трансмиссии. Если ТЭД не один, для расчётов потребуется учесть особенности алгоритмов использования ТЭД.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Традиционные методики выбора параметров двигателей, фокусируются преимущественно на обеспечении максимальной скорости, игнорируя требования к динамике разгона и преодолению подъёмов. Систематический анализ современных работ подтвердил, что для электромобилей критически важен комплексный подход, учитывающий многорежимность эксплуатации. В отличие от традиционных методик, при определении потребной мощности ТЭД, устанавливаемого на транспортной машине, следует рассматривать три характерных режима работы: поддержание максимальной скорости движения, движение на подъём, а также разгон.

Нерешённые аспекты:

- остаются недостаточно изученными вопросы температурного влияния на характеристики ТЭД при длительных перегрузках;
- не рассмотрена оптимизация параметров для многомоторных систем с алгоритмами распределения мощности;
- требуются исследования по адаптации методик к условиям экстремальных климатических зон.

Вклад настоящего исследования:

1. Разработанная методика выбора параметров ТЭД на основе моделирования динамики движения в MatLAB впервые обеспечила комплексный учёт трёх ключевых режимов: максимальной скорости, преодоления подъёма и заданного времени разгона.
2. Для электромобиля малого класса определены оптимальные параметры: номинальная мощность — 22 кВт; пиковая мощность — 55 кВт; номинальный крутящий момент — 70 Нм; пиковый крутящий момент — 185 Нм; номинальная частота вращения вала — 3 000 об/мин; максимальная частота вращения вала — 8 000 об/мин.
3. Результаты исследования могут быть интегрированы в процесс проектирования серийных городских электромобилей, что позволит сэкономить материалы и снизить стоимость силовой установки, что подтверждает их практическую ценность.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Х. Ли — создание математического моделирования исследовательского автомобиля обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, написание текста и редактирование статьи; М. Ян — анализ и проверка результатов исследования, обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи; Р.Ю. Добрецов — предоставил данные исследований и теоретические подходы, подготовка и написание текста статьи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Неприменимо.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы использовали фрагменты ранее опубликованных собственных сведений (текст, иллюстрации, данные), отмеченные ссылками на

ТРАНСПОРТНЫЕ И ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

источники в списке литературы.

Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима, новые данные не собирали и не создавали.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: H. Li: development of a mathematical model for the studied vehicle, literature review, collection and analysis of literature sources, writing and editing of the manuscript; M. Yang: analysis and verification of research results, literature review, collection and analysis of literature sources, preparation and writing of the manuscript; R.Yu. Dobretsov: provision of research data and theoretical approaches, preparation and writing of the manuscript. All the authors approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that issues related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Ethics approval: N/A.

Funding sources: No funding.

Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities, or interests for the last three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality: No previously obtained or published material (text, images, or data) was used in this study or article.

Data availability statement: The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work as no new data was collected or created.

Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.

Provenance and peer review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review involved two external reviewers, a member of the editorial board, and the in-house scientific editor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Smirnov GA. *Theory of wheeled vehicles: textbook for mechanical engineering students*. Moscow: Mashinostroenie; 1990. (In Russ.)
2. Skotnikov VA, Mashchenskiy AA, Solonskiy AS. *Fundamentals of tractor and automobile theory and calculation*. Moscow: Agropromizdat; 1986. (In Russ.)
3. Pavlov VV, Kuvshinov VV. *Theory of multi-purpose tracked and wheeled vehicles: textbook for universities*. Cheboksary: Cheboksary Printing House No. 1; 2011. (In Russ.)
4. Lezhnev LY, Khrpach NA, Shustrov FA, et al. *Power plants of automotive transport with traction electric drive*. Tambov: Consulting Company Yukom; 2017. doi: 10.17117/mon.2017.12.01 (In Russ.) EDN: YOXADI
5. Fischer R, Küçükay F, Jürgens G, et al. *The Automotive Transmission Book*. Cham: Springer; 2015. doi: 10.1007/978-3-319-05263-2
6. Wong JY. *Theory of ground vehicles*. New York: Wiley; 2008. doi: 10.1002/9780470170762
7. Ehsani M, Gao Y, Emadi A. *Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles*. New York: CRC Press; 2018. doi: 10.1201/9781315119545 EDN: QNSQPV
8. Ju Y. Analysis of control technologies for electric vehicles and their motors. *China Science and Technology Information*. 2021;(18):67–68.
9. Jacob V. Motor Power Calculation for Power-Train of Electric Vehicles. *Int J Innov Sci Res Technol*. 2021;6(6):123–130. doi: 10.38124/IJISRT21JUN514
10. Boykov AV, Porshnev GP, Shelomov VB. *Traction calculation of automobile*. Saint Petersburg: SPbSTU; 2001.

11. Bhatt P, Mehar H, Sahajwani M. Motor Rating and Battery Pack Calculation for an EV-SUV. *SN Comput Sci.* 2024;2(5):35–49. doi: 10.1007/s42979-023-02552-z EDN: XIIPGC.
12. Cui S. *Analysis of new energy vehicle technologies*. Beijing: Chemical Industry Press; 2016.
13. Wang Z, Wang S, et al. *MATLAB/SIMULINK and control system modeling*. Beijing: Electronics Industry Press; 2012.
14. Wen Y. *Research on permanent magnet synchronous motor for electric vehicles* [dissertation]. Harbin; 2012.

ОБ АВТОРАХ / AUTHORS' INFO

*** Ли Хаожань,**

аспирант Высшей Школы Транспорта,
ассистент Высшей Школы Транспорта;
адрес: Россия, 195251, Санкт-Петербург,
ул. Политехническая, д. 29;
ORCID: 0009-0009-7120-4098;
e-mail: aa65468082@gmail.com

Соавторы:

Ян Минсинь,

аспирант Высшей Школы Транспорта,
ассистент Высшей Школы Транспорта;
ORCID: 0009-0005-8340-141X;
e-mail: yangminxianwc@gmail.com

Добрецов Роман Юрьевич,

д-р тех. наук, доцент,
профессор Высшей Школы Транспорта;
ORCID: 0000-0002-3827-0220;
eLibrary SPIN: 6168-3091;
e-mail: dr-idpo@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

*** Haoran Li,**

Postgraduate of the Institute of Transport,
Assistant of the Institute of Transport;
address: 29 Polytechnicheskaya st, Saint Petersburg
Russia, 19525;
ORCID: 0009-0009-7120-4098;
e-mail: aa65468082@gmail.com

Co-Authors:

Mingxian Yang,

Postgraduate of the Institute of Transport,
Assistant of the Institute of Transport;
ORCID: 0009-0005-8340-141X;
e-mail: yangminxianwc@gmail.com

Roman Yu. Dobretsov,

Dr. Sci. (Engineering), Assistant Professor,
Professor of the Institute of Transport;
ORCID: 0000-0002-3827-0220;
eLibrary SPIN: 6168-3091;
e-mail: dr-idpo@yandex.ru